

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКИХ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ НА ОСНОВЕ НАЗЕМНЫХ И ДИСТАНЦИОННЫХ ДАННЫХ

© 2012 Т.В. Черненко¹, М.Ю. Пузаченко², О.В. Морозова², Г.Н. Огуреева³,
Н.Е. Королева⁴, Н.Г. Кадетов³

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

²Институт географии РАН

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

⁴Полярно-альпийский ботанический сад-институт имени Н.А. Аврорина (ПАБСИ)
Кольского научного центра РАН

Поступила 15.03.2012

В работе представлены подходы к исследованию закономерностей пространственной вариабельности растительного покрова и построению карты растительности для восточноевропейской территории таёжного биома. Изложены основные этапы картографического моделирования, особенностью которого является использование данных наземных исследований для получения серии среднемасштабных региональных карт. Результаты региональной оценки состояния растительного покрова являются основой для отображения структуры растительного покрова и создания мелкомасштабной карты на субконтинентальном уровне. Обсуждаются основные принципы классификации, применение которых в картографическом моделировании растительного покрова бореальных лесов обеспечит эффективную оценку его состояния, а также совместимость материалов и использование информации в различных географических масштабах.

Ключевые слова: классификация, картографическое моделирование, статистические методы, бореальные леса

Изучение пространственной дифференциации биома бореальных лесов на разных уровнях организации лесного покрова, включая изучение локально-региональных особенностей его антропогенных модификаций, остаётся актуальными направлениями науки о растительности. Недостаточно изученными являются эколого-географические закономерности распределения лесов и их региональные типологические спектры. Не менее актуальна задача выявления роли антропогенного фактора в формировании облика лесного покрова на фоне природных средообразующих факторов, а также оценки значимости антропогенного воздействия на современный состав и структуру лесных сообществ и природно-территориальных комплексов на локальном и региональном уровнях. Анализ пространственного распределения и количественная оценка соотношения различных типов лесных сообществ невозможны без изучения картографического материала. Особенности лесного покрова как объекта картографирования определяются его свойствами – континуальным характером лесных экосистем, затрудняющим дискретное отображение, предпочтительное для прагматических и познавательных целей, а также динамичностью базовых характеристик лесных экосистем под воздействием эндогенных и экзогенных факторов. Не

смотря на то, что карты таёжного биома на различные регионы уже существуют: «Растительность СССР» [7]; «Растительность европейской части СССР и Закавказья» [5]; «Растительность Западно-Сибирской равнины» [6]; «Растительность» в серии карт природы, населения и хозяйства Восточной Сибири [4]; «Растительность Московской области» [8]; [14] и др., они не имеют единой классификационной основы и построены на разных принципах картографирования растительности.

Цель работы - выявление закономерностей пространственной вариабельности растительного покрова и построение карты актуальной растительности для восточноевропейской территории таёжного биома (м 1 : 2 000 000). В отличие от западноевропейских подходов, в состав таёжного биома включена зона хвойно-широколиственных лесов. Рассматривается также растительность предтундровых равнинных и горных редколесий, экосистемы которых являются особенно уязвимыми к внешним воздействиям. В этой связи большой интерес с точки зрения долговременных тенденций изменения ценотической организации на широтном градиенте представляет изучение состава и структуры типов лесных сообществ на большей части их ареала, а также особенностей лесного покрова на северном пределе распространения лесов.

Особенностью исследования является использование прямых наблюдений характеристик сообществ (полевых геоботанических описаний) для получения серии среднемасштабных региональных карт (1 : 100 000). Результаты региональной оценки состояния растительного покрова являются основой для отображения структуры растительного покрова на субконтинентальном уровне и создания

Черненко Татьяна Владимировна, д.б.н., в.н.с., e-mail: chernenkova50@mail.ru; Пузаченко Михаил Юрьевич, к.г.н., с.н.с., e-mail: puzak@bk.ru; Морозова Ольга Васильевна, к.б.н., в.н.с., e-mail: moroz_ov@org.ru; Огуреева Галина Николаевна, д.б.н., проф. каф. Биогеографии, e-mail: ogur02@yandex.ru; Королева Наталья Евгеньевна, к.б.н., в.н.с., e-mail: flora012011@yandex.ru; Кадетов Никита Геннадьевич, аспирант кафедры Биогеографии, e-mail: biogeonk@mail.ru

мелкомасштабной карты восточноевропейских лесов (1 : 2 000 000).

Для построения пространственной (картографической) модели растительного покрова в дискретных категориях (классах, типах) необходимо согласованное выделение этих категорий для различных регионов таёжного биома. При этом набор регионов должен репрезентативно, в рамках масштаба исследований, отражать основное разнообразие растительного покрова исследуемой территории в целом. Таким образом, для обширной территории таёжного биома необходимо привлечение большого объёма полевых измерений, что является ограничением к использованию экспертных методов при выделении его дискретных классов.

Использование количественных методов даёт возможность совместного анализа больших массивов данных, что позволяет расширить и дополнить методы экспертного подхода и повысить его объективность. Выделенные на каждом этапе исследования в результате количественного анализа конкретные единицы (геомеры) должны проходить экспертную коррекцию на основе используемого классификационного подхода (эколого-доминантного, эколого-динамического или флористического) с учетом иерархических уровней соответствующей схемы классификации. При проведении экспертного анализа необходимо соблюдение соответствия выделяемых биохорологических единиц биогеографическим и экологическим подразделениям биосферы [10]. При этом классификационные единицы должны быть в достаточной степени «физиономичными» для процедуры автоматической интерполяции данных, которая проводится на основе получения информации от «условно непрерывных источников». К последним относятся мультиспектральные данные дистанционного зондирования (ДДЗ), цифровые модели рельефа (ЦМР), климатические характеристики и др. Для сопоставления полученных классификационных единиц в ходе пространственного моделирования необходимо проведение их гармонизации с типологическими единицами известных классификаций, в том числе с единицами классификации международного проекта по созданию карты циркумбореальных лесов CBVM (CircumBoreal Vegetation Mapping).

Таким образом, для достижения цели исследований можно выделить последовательность решения задач (рисунок):

1. Оценка типологического разнообразия растительного покрова на региональном и субконтинентальном уровне;
2. Выбор числа и положения регионов таёжного биома и в рамках регионов – ключевых участков, а также числа и положения геоботанических описаний, необходимых для репрезентативного отражения состояния растительности;
3. Выделение частных (региональных) и общих (субконтинентальных) факторов дифферен-

циации растительного покрова и единиц его типизации;

4. Построение региональных картографических моделей растительного покрова и на их основе – картографической модели восточноевропейской территории таёжного биома;

5. Интерпретация и сопоставление факторов дифференциации растительного покрова на региональном и субконтинентальном уровне организации.

Проведение подобных работ стало возможным благодаря развитию вычислительной техники и совместному использованию различных источников данных в рамках методов статистического анализа.

В комплекс наземных методов входит исследование современного состояния природных лесных сообществ и их антропогенных модификаций на модельных территориях для различных частей региона восточноевропейских бореальных лесов. Геоботанические описания растительных сообществ проводятся на пробных площадях (10x10, 20x20 или 25x25 м) по стандартной методике с использованием средств геопозиционирования. При заложении пробных площадей используется принцип пропорциональности и репрезентативности основных типов лесной растительности с учетом ландшафтной структуры территории.

Картографирование регионального растительного покрова производится на основе совместного анализа характеристик полевых описаний и переменных, характеризующих совокупность свойств среды по элементам регулярной в пространстве сетки с шагом от 20 до 120 м, в зависимости от площади региона. В качестве основных индикаторных характеристик, задающих основу для интерполяции точечных полевых описаний на территорию, используются: 1) морфометрические характеристики рельефа [13], рассчитываемые на основе ЦМР и описывающие особенности перераспределения тепла и влаги формами рельефа с учетом иерархической организации его структур; 2) разносезонные ДДЗ различных систем (Landsat, Spot, Aster и др.), регистрирующие состояния наземного покрова (биомасса, продуктивность, температура, влажность и др.) в величинах отраженного коротковолнового и собственного длинноволнового излучения [1; 16]. Перечисленные характеристики являются универсальными и доступными для любых территорий в различных масштабах. В зависимости от специфики территории и ее изученности перечень факторно-индикаторных показателей может быть дополнен индикаторами климатических (тепло-влагообеспеченность), геолого-геоморфологических условий (почвообразующие породы, геологическое строение, генезис), почвенного покрова, особенностей хозяйственной деятельности и др. При отсутствии необходимого числа описаний построение региональных карт возможно с использованием карт ключевых участков и тематических

карт, скорректированных по дистанционной информации. Построение региональной картографической модели выполняется с применением пошагового дискриминантного анализа [9, 11].

При обработке данных также применяются методы многомерной статистики, реализованные в пакетах прикладных программ STATISTICA, SPSS, Fracdim (параметрический и непараметрический корреляционный, регрессионный, дисперсионный, дискриминантный, кластерный анализы, многомерное шкалирование, анализ временных рядов и др.). Средствами геоинформационного анализа и визуализации результатов являются стандартные программные продукты ArcGIS, MapInfo, Erdas Imagine, SAGA и др.

В качестве модельных регионов предполагается использовать территории в пределах Пермского края, республики Марий Эл, Удмуртии, Московской, Калужской, Костромской, Новгородской, Нижегородской, Кировской, Тверской и Мурманской областей, характеризующие зональные и подзональные спектры бореальных лесов. Они различаются природными условиями и характером хозяйственного освоения. С научной точки зрения степень изученности регионов также различна. В наибольшей степени обобщены материалы с построением региональных картографических моделей для Мурманской, Костромской и Тверской областей [3, 12, 15].



Рис. Общая схема картографического моделирования

Результаты исследования дадут возможность провести сравнительный анализ экосистемного разнообразия бореальных лесов на региональном уровне в разных природных регионах, выявить общие закономерности пространственной структуры восточноевропейских бореальных лесов в целом и создать картографические модели региональных частей единого циркумбореального таёжного биома.

Работа выполнена при поддержке программы Президиума РАН по разработке методологии мониторинга биоразнообразия лесов и грантов РФФИ № 11-04-01093 и № 07-04-01743

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дейвис Ш.М., Ландгребе Д.А. и др. Дистанционное зондирование: количественный подход. М.: Недра. 1983. 401 с.
2. Исаев А.С., Сухих В.Н. Аэрокосмический мониторинг лесных ресурсов // Лесоведение. 1986. № 6. С. 11–21.
3. Исаев А.С., Князева С.В., Пузаченко М.Ю., Черненко Т.В. Использование спутниковых данных для мониторинга биоразнообразия лесов // Исследование земли из

космоса. 2009. № 2. С. 1–12.

4. Карта «Растительность» в серии карт природы, населения и хозяйства юга Восточной Сибири. 1:1 500 000 / Под ред. В.Б. Сочавы. М.: ГУГК СССР. 1972.
5. Карта Растительности европейской части СССР и Закавказья. 1:2 500 000 / Отв. ред. Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л. 1974.
6. Карта Растительности Западно-Сибирской равнины. 1:1 500 000 / Под ред. В.Б. Сочавы. М.: ГУГК СССР. 1976.
7. Карта «Растительность СССР». 1:4 000 000. / Отв. ред. А.В. Белов, С.А. Грибова, Т.В. Котова. М.: ГУГК СССР. 1990.
8. Карта Растительности Московской области. 1:200 000 / Гл. ред. Г.Н. Огуреева. М.: Изд-во ТОО «Экор». 1996.
9. Козлов Д.Н., Пузаченко М.Ю., Федяева М.В., Пузаченко Ю.Г. Отображение пространственного варьирования свойств ландшафтного покрова на основе дистанционной информации и цифровой модели рельефа // Известия РАН. Сер. геогр. 2008. № 4. С. 112–124.
10. Огуреева Г.Н. Уровни и масштабы выявления биоразнообразия лесов / Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы / А.С. Исаев. М.: Наука, 2008. С. 97–110.
11. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: АCADEMA,

2004. 416 с.

12. Пузаченко М.Ю., Черненко Т.В., Басова Е.В. Природно-антропогенная вариабельность растительного покрова центральной части Мурманской области и ее картографическое отображение // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 20–24 сентября 2011 г.). СПб., 2011. Т. 1. С. 408–411.

13. Advances in digital terrain analysis / ed. by Zhou Q., Lees B., Tang G. 1st ed. Berlin; Heidelberg: Springer, 2008. xiv. 462 p.

14. Bohm U., Neuhausl R. (eds.). Karte der natürlichen Vegetation Europas. 1 : 2 500 000. Bonn, 2000. 9 Blätter.

15. Chernenkova T., Puzachenko M., Basova E. Mapping of Vegetation in the Kola Peninsula on the basis of field-remote sensing methods combination // European vegetation survey. 20th Workshop Rome 6–9 April 2011. Rome, 2011. P. 69.

16. Tomppo E., Czaplewski R.L., Mäkisara K. The role of remote sensing in global forest assessment. A remote sensing background paper for Kotka IV expert consultation 01.07–05.07.2002, Kotka, Finland. Forest Resources Assessment – WP. N. 61. Rome. 2002.

APPROACHES TO THE EVALUATION OF SPATIAL VARIABILITY OF EASTERN EUROPEAN BOREAL FOREST USING FIELD AND REMOTE SENSING DATA

**© 2012 T.V. Chernenkova¹, M.Ju. Puzachenko², O.V. Morozova², G.N. Ogureeva³,
N.E. Koroleva⁴, N.G. Kadetov³**

¹Center for Forest Ecology and Production RAS

²Institute of geography RAS

³Lomonosov Moscow State University

⁴Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of Kola Science Center RAS

Approaches to the study of the regularities of spatial variability of vegetation and vegetation mapping for Eastern European territory were described. The main stages of cartographic modeling feature which is use of field research to obtain series medium-scale regional maps were outlined. The results of vegetation organization assessment at the regional level are the key to display the structure of vegetation and establishment of small-scale maps at subcontinental level. Discusses of the basic principles of vegetation classification will provide effective evaluation of the boreal forests status, the compatibility of materials and using information at different geographical scales as well as the maintaining in cartographic modeling.

Keywords: *classification, cartographic modeling, statistical methods, boreal forest*

Chernenkova Tatjana, Doctor of Biology, leading scientific researcher, e-mail: chernenkova50@mail.ru; *Puzachenko Mikhail*, Candidate of Geography, major scientific researcher, e-mail: puzak@bk.ru; *Morozova Olga*, Candidate of Biology, leading scientific researcher, e-mail: moroz_ov@orc.ru; *Ogureeva Galina*, Professor of Biogeography Department, e-mail: ogur02@yandex.ru; *Koroleva Natalia*, Candidate of Biology, leading scientific researcher, e-mail: flora012011@yandex.ru; *Kadetov Nikita*, PhD of Biogeography Department, e-mail: biogeonk@mail.ru